



Udelukker den nye standard DS 469 brugen af gulvvarme?

Olesen, Bjarne W.

Published in:
H V A C Magasinet

Publication date:
2013

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Olesen, B. W. (2013). Udelukker den nye standard DS 469 brugen af gulvvarme? *H V A C Magasinet*, 49(10), 14-20.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Udelukker den nye standard DS 469 brugen af gulvvarme?

Efter offentliggørelsen af den nye standard DS469: "Varme- og køleanlæg i bygninger" er der opstået en uheldig debat omkring fremtidig brug af gulvvarme. Uheldigt, fordi en række upræcise og dårlige formuleringer i standarden har resulteret i, at flere personer i branchen har overfortolket disse formuleringer



Af Bjarne W. Olesen, Center for Indeklima og Energi, Institut for Byggeri og Anlæg, Danmarks Tekniske Universitet

Jeg vil i denne artikel prøve at kaste et bedre lys over hvordan standarden skal fortolkes og hvad fakta er omkring de forskellige problemstillinger. Det gør jeg ud fra min erfaring med gulvvarme og lignende systemer fra 40 års forskning og 11 år i gulvvarmeindustrien. Der findes altid dårlige dimensionerede, installeret og forkert regulerede systemer, som ikke bør bruges som et billede af, hvordan et system virkeligt fungerer. Det er ikke uden grund at næsten alle nye boliger

i lande som Tyskland og Danmark opføres med gulvvarme eller at 99 % af boliger i Korea har gulvvarme. Alene disse tal taler for at systemet fungerer fint i praksis.

Hvilke formuleringer i standarden har så skabt denne debat omkring brugen af gulvvarme? Her er en række eksempler:

- "Hvor der kan forekomme kuldene-fald, som ikke kan hindres på anden vis, skal der placeres en varmegiver." Hvordan defineres kuldene-fald – vil det i praksis betyde, at gulvvarmeanlæg ikke kan benyttes i rum med vinduer?
- "I rum, hvor det skal være muligt at ændre rumtemperaturen over døgnet, eller der er stor variation i varmebe-

lastningen, må der ikke installeres varmesystemer med stor termisk træghed, fx gulvvarme med kabler eller rør indstøbt i beton som hovedvarmekilde."

- "Varmegiverne placeres og indbygges, så de afgiver mindst mulig varme til rum, de ikke betjener."
- "Gulvvarme, loftvarme, vægvarme og lignende må kun anvendes, hvor bygningsdelen, de er indbygget i, er forsvaret. Isoleringen mod naborum skal have en isolans på mindst 1,25 m² K/W."
- Varmeanlæg forsynes med "kontinuerligt, automatisk styring af fremløbstemperaturen efter varmebehovet".

Jeg vil i denne artikel nu gennemgå de enkelte faktorer og

håber dermed at skabe lidt mere klarhed over problematikken. Standardiseringsudvalget må herefter afgøre om der er brug for en hurtig revision af standarden, at lave et addendum der mere præcist fortæller brugeren, hvad kravet er eller at der til standarden offentliggøres et spørgsmål og svar dokument.

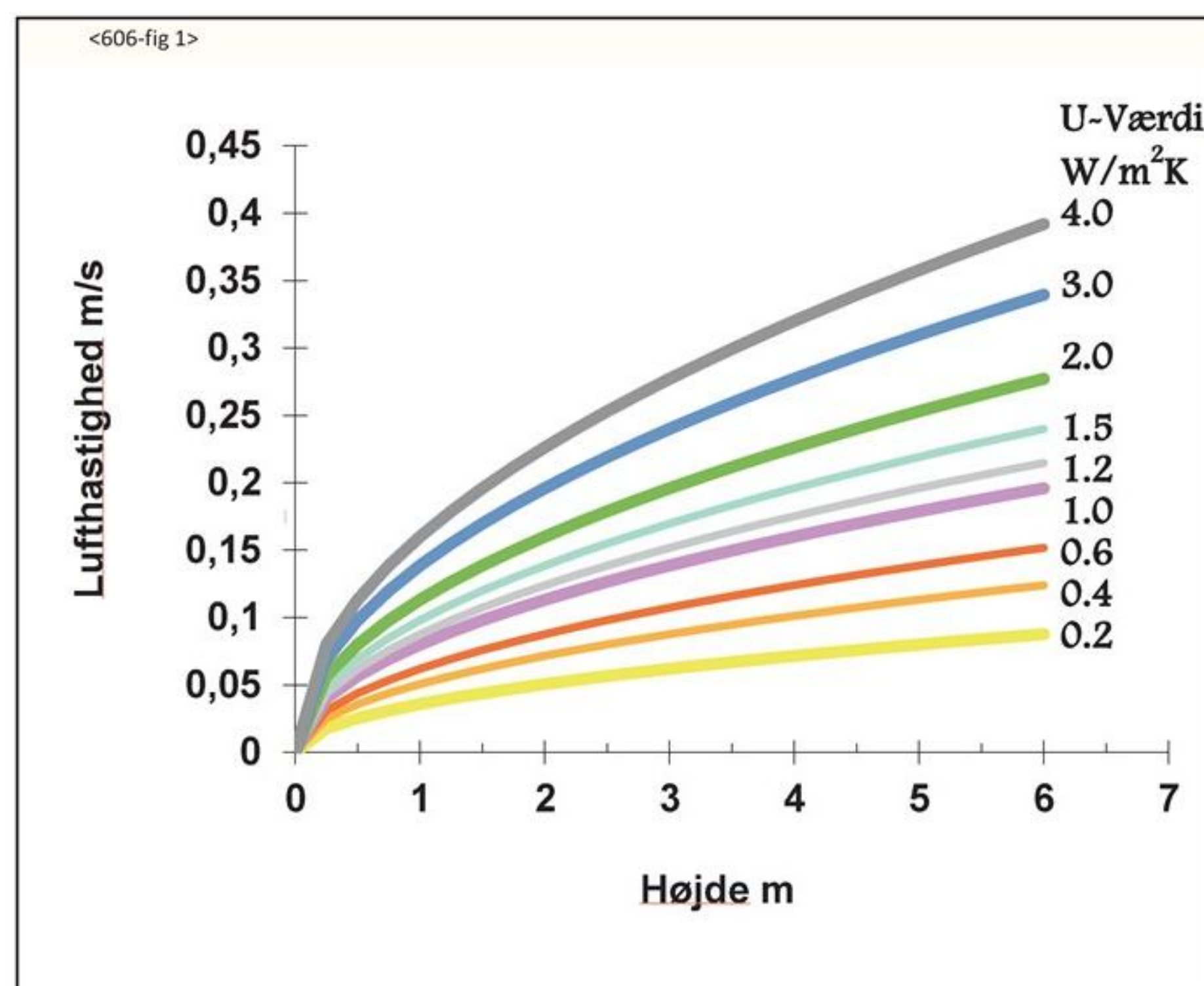
Kuldene-fald

Ved lodrette overflader der er koldere en rumluften vil der altid opstå en nedadgående luftbevægelse, som kan resultere i trækgener når luftstrømmen når opholdszone og personer i lokalet. Vinduerne er i dag de eneste kolde lodrette overflader i en bygning. I nye bygninger med øgede krav til vinduernes

Parameter	Afstand til den kolde overflade	Formler	Enhed
Min. lufttemperatur, $\theta_{a,min}$ langs gulvet	x	$\theta_{a,min} = \theta_i - (0,30 - 0,034 \cdot X)(\theta_i - \theta_s)$	°C
Maks. lufthastighed v_{max} langs gulvet	$x < 0,4$ m	$v_{max} = 0,055(\theta_i - \theta_s \cdot h)^{0,5}$	m/s
	$0,4 < x < 2,0$	$v_{max} = \frac{0,095}{X + 1,32}(\theta_i - \theta_s \cdot h)^{0,5}$	m/s
	$2,0 < x$	$v_{max} = 0,028(\theta_i - \theta_s \cdot h)^{0,5}$	m/s

Tabel 1. Beregning af maks. lufthastighed, v_{max} og min. lufttemperatur, $\theta_{a,min}$ langs gulvet pga. kuldene-fald fra en kølet væg/vindue som funktion af temperaturforskellen mellem rummet, θ_i , og den kølede overflade, θ_s . Det antages, at den kolde overflade har den samme bredde som rummet (EN15377-1, Heiselberg, 1994).

► Udelukker den nye...
Fortsat



Figur 1. Diagrammet viser lufthastigheden fra en kold overflade (væg-vindue), der er op til 7m høj, som funktion af vinduets/væggens U-værdi ved -12 °C udetemperatur (EN15377-1, Olesen 2003)

	Gulvvarme		Uden	
	0,6m	0,9m	0,6m	0,9m
Lufthastighed m/s	0,10	0,12	0,18	0,15
Luft temperature °C	21	22	18,5	19,5
Træk rate %	8	9	18	14

Tabel 2. Målt lufthastighed, lufttemperatur og Træk rate ved gulvet under et forsøg med og uden gulvvarme under et koldt vindue. Målingerne blev foretaget 0,6m og 0,9m fra vinduet (Peng 1997, 1997)

isolering (U-værdi) er dette dog ikke et problem mere i boliger. Det er på designstadiet muligt at beregne om der kan opstå evt. trækgener på grund af et for stort kuldenedfald. Ved hjælp af formlerne i tabel 1 kan lufthastighed og lufttemperatur beregnes i det grænselag der opstår langs gulvet og ind i opholdszonen. Ved hjælp af disse formler kan der opstilles en sammenhæng

mellem vinduets U-værdi, vinduets højde og den lufthastighed der opstår langs gulvet i opholdszonen (0,6-1m fra vinduet). En sådan sammenhæng er vist i figur 1 for en udetemperatur på -12 °C, hvilket svarer til den dimensionerende udetemperatur i Danmark. Grænseværdien for træk ligger for denne luftstrøm på 0,15 til 0,18 m/s. Ud fra dette diagram ses at for normal rumhøjde på

2,5m skal U-værdien være max. 1,5 W/m²K. Dagens standard for vinduer har en endnu lavere U-værdi. Der er således i nye eller renoverede boliger ingen grund til at placere en yderligere varmegiver under eller opad et vindue. Disse beregninger er selvfølgelig under forudsætning af at der ikke er utætheder/sprækker ved vinduer og døre, hvor der kommer træk. I en artikel af Olesen (1991) er det yderligere vist hvorledes andre komfortparametre som fordeling af operativ temperatur, strålingsasymmetri mm kan beregnes på design stadiet for en bygning. Gulvvarme under vinduet har yderligere en positiv effekt skulle der opstå generende kuldenedfald. Tidligere var det meget almindeligt at lægge en

separat rørzone eller lade fremløbet først lave en kreds ved vinduet for at opnå lidt højere gulvtemperaturer. Effekten af gulvvarmen kan ses af et forsøg, hvor lufthastighed og lufttemperatur i gulvhøjde blev målt under et vindue med og uden gulvvarme. Forsøgene blev lavet ved en udetemperatur på -12 °C, indvendig overfladetemperatur på 12 °C (altså et dårligt vindue), rumtemperatur på 20 °C og ved gulvvarme en gulvtemperatur på 28 °C. Det ses af resultaterne i tabellen at træk raten blev med gulvvarme sænket med 5-10 % idet lufthastigheden blev sænket og lufttemperaturen steg på grund af gulvvarmen. Et vindue på 12 °C og et gulv på 28 °C er for dagens forhold lidt ekstremt; men forsøget viser at gulvvarme un-

Gennemsnitligt opvarmningsbehov	Gulvtemperatur (20 °C rumtemperatur)	Middelvandtemperatur		Procentvis reduktion af varmeafgivelse ved en stigninger af rumtemperaturen på 1K		
		Klinker 0,02 m²K/W	Tæppe 0,1 m²K/W	Referencetemperatur		
				Gulvoverflade	Vand	
W/m²	°C	°C	°C	%	Klinker %	Tæppe %
40	23.9	26.2	29.4	26	16	11
20	22.1	23.3	24.9	48	30	20
10	21.1	21.7	22.5	91	59	40

Tabel 3. Procentvis reduktion af varmeafgivelsen fra gulvet ved stigninger af θ_i på 1K.(Olesen 2001)

► Udelukker den nye... Fortsat

der vinduet også er en "varmekilde".

Det er således klart at har vindue/ydervæg en U-værdi lavere end 1,5 W/m²K er der ingen grund til at installere en ekstra varmekilde under vinduet, selv om vinduet er fra gulv til loft. Ved lavere vindueshøjde kan U-værdien være endnu højere uden risiko for generende kuldenedfald. I andre bygninger med store vinduepartier, som indgangs partier, atrier mm. skal man være mere påpasselig med kuldenedfald. Formlerne kan stadig bruges til at beregne på kuldenedfaldet og i litteraturen (Olesen 2003, Heiselberg 1995, Andersen 1996) er det også vist hvorledes koldt nedfald fra meget høje kolde flader kan forhindres ude arkitektonisk i stedet for at installere yderligere varmekilder med øget energiforbrug.

Styring af gulvvarme

Pga. den betydelige indflydelse, som hurtigt ændrende varmetilførsel (solskin gennem vinduer) kan have på rumtemperaturen, er det nødvendigt, at opvarmningssystemet kan kompensere herfor, dvs. reducere eller forøge varmeafgivelsen. Dette er dog ikke ensbetydende

med at der skal installeres et meget hurtigt virkende varmesystem. Først og fremmest er tidskonstanterne for selve bygningen meget højere end for et varmesystem. For at vurdere et systems styringsmuligheder er det vigtigt at vurdere årsagen til at der skal reguleres. Er det på grund af ændringer i udetemperaturen, ændringer i de interne varme belastninger eller er det fordi der ønskes en ændring i rumtemperaturen. Med hensyn til ændringer på grund af udetemperaturen er vore bygninger i dag så godt isolerede og de fleste varmeanlæg har en mulighed for regulering af vandtemperaturen efter en udeføler. I denne sammenhæng betyder tidskonstanten for varmegiveren intet. Skal der reguleres på grund af ændringer i solindfald eller varmebelastninger fra personer og udstyr i rummet er det vigtigere med en hurtigere regulering. For systemer, der fungerer som lavtemperaturopvarmning, dvs. gulvvarme, er en betydelig effekt den såkaldte

«selvregulerende» effekt. Denne «selvkontrol» afhænger dels af temperaturforskellen mellem rum og gulvoverflade og dels af forskellen mellem rumtemperatur og middelvandtemperaturen i det lag, hvor rørene er indstøbte. Det betyder, at hurtige ændringer af den operative temperatur i rummet på samme måde vil ændre varmeudvekslingen og resultere i stor indflydelse på den samlede varmeudveksling.

Tabel 3 viser den procentvise reduktion i den varme, der afgives fra gulvet ved stigninger i rumtemperaturen på 1K.

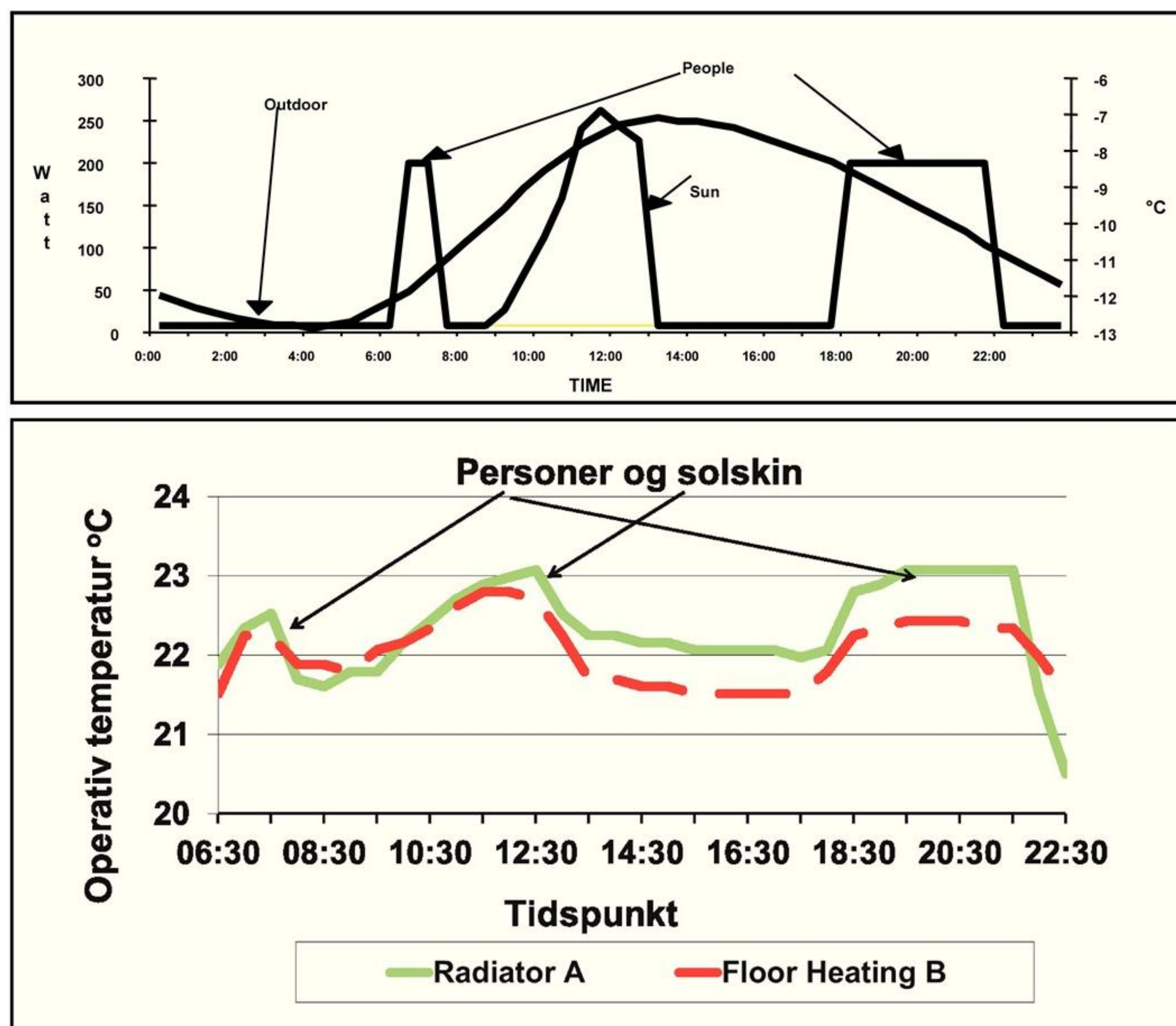
Et velisoleret hus har i gennemsnit en varmebelastning på 10-20 W/m² i løbet af en fyringssæson. For disse hustyper svarer den "selvkontrollerende effekt" til 30-90 %. Denne effekt gør at selv et gulvvarmesystem med rør i beton ikke er et "trægt" system.

I en eksperimentel undersøgelse (Olesen 1994) blev reguleringen af et traditionelt gulvvarmesystem i beton sammenlignet med en lavtemperatur ra-

diator. Et termisk let forsøgsrum med en ydervæg blev udsat for en varierende udetemperatur, varierende varmebelastninger for personer og solstråling (figur 2).

Variationerne i de interne belastninger svarede til 1/3 af det dimensionerende varmetab og er således relativt stor. Resultaterne i figur 2 viser at begge systemer kunne holde rumtemperaturen indenfor komfortområdet og der var ikke nogen forskel på evnen til at regulere.

Det er vigtigt at nævne at "selvreguleringen" kun er gældende for vandbårne systemer og ikke for elektrisk opvarmede gulve. I et større forskningsprojekt i Tyskland (Bauer 1999) blev reguleringen af forskellige typer af opvarmningssystemer undersøgt ved hjælp af omfangsrige dynamiske simuleringer med varierende bygninger, interne belastninger, klima data mm. Disse resultater har bl.a. dannet basis for en *Tysk Ingeniør standard VDI 2067-del20*, 2000. Et resultat af denne udredning er vist i figur 3. Her er ►



Figur 2. Ændring af udetemperatur, varmebelastning fra personer, lys og solskin gennem vinduet sammen med den resulterende variation i den operative temperatur for to typer af varmegivere. (Olesen 1994, 2002).

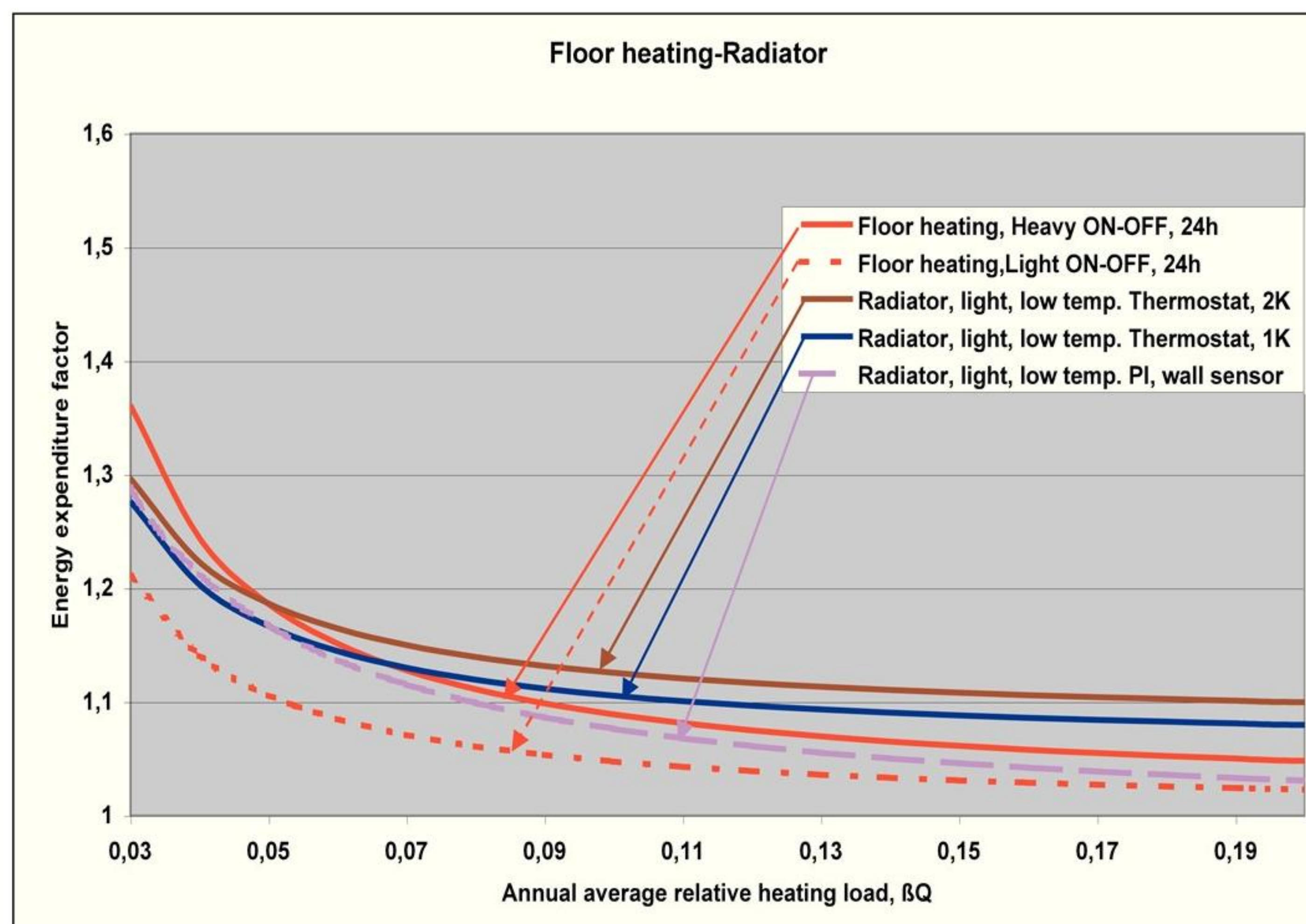
► Udelukker den nye... *Fortsat*

det ekstra energitab der opstår på grund af en ikke perfekt regulering vist for radiator og gulvvarme. Parameteren "energy expenditure factor" er et udtryk for det øgede energiforbrug > 1 i forhold til en ideal regulering $= 1$. Faktoren er vist afhængig af "annual average heating load", hvor værdier over 0,17 svarer til et mindre energieffektivt hus og værdier omkring 0,09 svarer til lavenergi-byggeri. Heraf fremgår det tydeligt at gulvvarme ikke regulerer dårligere end radiatorer. Selv et "tungt" gulvvarmesystem er bedre end en radiator med en termostat med 2K proportionalitets bånd.

Disse resultater er også blevet integreret i de Europæiske standarder for beregning af energiforbrug i bygninger, også her er reguleringseffektiviteten af gulvvarme sammenlignelig med radiatorer (Olesen 2011). Har man derimod en bygning, hvor der i løbet af dagen skal indstilles forskellige temperaturer i samme rum, så betyder den termiske masse af varmegiveren meget. Det er således ikke muligt at ændre på temperaturniveauet i et rum fra den ene til den anden time. Her kan faktisk kun et overdimensioneret varmluftsystem eller højtemperatur strålevarmesystem klare hurtige ændringer. Bygningen selv har en betydelig tidskonstant hvad systemet således må kompensere for.

Isolering

Det i DS469 anførte krav til isolering, hvor varmen fra en varmegiver i et rum vil influere på rumtemperaturen i et naborum, er alene beregnet på f.eks. varmeafgivelsen fra undersiden af et gulvvarmesystem til naboen,



Figur 3: Det øgede energiforbrug "energy expenditure factor" er beregnet for forskellige typer af radiatorer og gulvvarmesystemer (Bauer 1999, VDI2067-del20, 2000)

eller varmen fra bagsiden af vægvarme til et naborum. Det er således ikke hensigten at betonlaget skal brydes af isolering mellem to rum for at reducere den varmeoverførsel der kan ske horisontalt gennem betonlaget. Det vil være forsvindende lille på årsbasis med de forskellige i vandtemperaturer der kan være mellem to rum. Derimod bør betonlaget med indbyggede rør isoleres mod ydervæg for at undgå tab.

Konklusion

DS469 "Varme- og Kølesystemer i bygninger" ændre således ikke ved anvendeligheden af gulvvarme i fremtidens byggeri. De formuleringer der er anvendt i standarden er uheldige og kan overfortolkes. Det vil således være vigtigt at lave et korrigerende addendum til standarden eller en spørgsmål/svar liste der tydeliggør hvad der er teknisk rigtigt.

Referencer:

EN 15733-1: Design of embedded water based surface heating and cooling systems: - Del 1:

Determination of the design heating and cooling capacity. Heiselberg, Per: Stratified flow in Rooms with a Cold Vertical Wall. ASHRAE Trans. 1994, V.100, Pt. 1.

Olesen, B.W. Sind „kalte“ Fensterflächen heute überhaupt ein Problem für Behaglichkeit? HLH, Springer-VDI-Verlag, Teil 1 + 2, Januar-Februar 2003.

Peng Shia-hui and Peterson, F.: "Convection from a cold window with simulated floor heating by means of a transiently heated flat unit", Energy and Buildings, 23 (1995).

Peng Shia-hui: "Investigation of draft due to cold window in a climate chamber" Indoor Air'96, Nagoya, Japan.

Heiselberg, P, Overby, H. and Bjorn, E.: Energy-Efficient Measures to avoid downdraft from large glazed facades. ASHRAE Trans. 1995, V. 101, Pt.2

Andersen, K. T.: Kuldnefald fra kolde flader. SBI-Meddelelse 112, SBI 1996

Olesen, B.W. "En forenklet metode til at verificere kravene til det termiske indeklima", Dansk VVS, 1,1991

Olesen, B.W. "Control of floor

heating and cooling systems", Clima 2000/Napoli 2001 World Congress Napoli, September 2001.

Olesen, B. W., 1994: "Comparative experimental study of performance of radiant floor heating system under dynamic conditions". ASHRAE Transactions, V. 100, Pts. 1.

Olesen, B.W. "Radiant floor heating in theory and practice", ASHRAE Journal, July 2002.

Bauer, M.: 1999: "Methode zur Berechnung und Bewertung des Energieaufwandes für die Nutzenübergabe bei Warmwasserheizanlagen". ISBN-3-9805218-2-6. Universität Stuttgart, IKE, Stuttgart

VDI 2067-Part 20, 2000: Economic efficiency of building installations. Energy effort of benefit transfer for water heating systems. Verein Deutsche Ingenieure, Düsseldorf.

Bjarne W. Olesen and Michele de Carli: "Calculation of the yearly energy performance of heating systems based on the European Building Energy Directive and related CEN standards" Energy and Buildings, Vol. 43, Issue 5, pp. 1040-1050, 2011